

Produtividade de clones de eucaliptos em diferentes sistemas de manejo para fins energéticos

Fernando Henrique de Lima Gadelha^{1*}, José Antônio Aleixo da Silva², Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira², Rubeni Cunha dos Santos², José Alves Tavares³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Rua Sebastião Joventino, s/nº, Destilaria Central, CEP 54.510-110, Cabo de Santo Agostinho, PE, Brasil

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brasil

³Instituto Agrônomo de Pernambuco, Rodovia Araripina, PE 585, km 18, CEP 56.280-000, Araripina, PE, Brasil

*Autor correspondente:
limagadelha@gmail.com

Termos para indexação:
Polo Gesso do Araripe
Eucalyptus
Floresta energética

Index terms:
Gypsum Pole
Eucalyptus sp
Energy Forests

Resumo - A região do polo gesso do Araripe, em Pernambuco, é a maior produtora de gesso do Brasil, e tem como principal fonte energética para produção de gesso a lenha proveniente da Caatinga, que por sua vez não oferece material lenhoso suficiente para atender à demanda energética da indústria do gesso, resultando em desmatamentos que comprometem a sustentabilidade da região. Uma opção para atender essa demanda é a implantação de florestas de rápido crescimento. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento volumétrico de três clones de *Eucalyptus* spp. conduzidos sob os sistemas de manejo de alto fuste e de talhadia, plantados no espaçamento 3m x 2 m. O experimento foi implantado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Araripina, PE. Foram mensuradas altura e circunferência a 1,30 m do solo de todas as árvores a cada seis meses nas idades de 24 a 42 meses, e os volumes foram calculados considerando-se um fator de forma de 0,51. Os dados foram avaliados por análises multivariadas de medidas repetidas. O clone C39 (híbrido de *E. urophylla*, cruzamento natural) foi o mais produtivo nos dois sistemas de manejo.

Histórico do artigo:

Recebido em 24 nov 2014

Aprovado em 13 set 2015

Publicado em 30 set 2015

doi: 10.4336/2015.pfb.35.83.827

Productivity of clones eucalypts at different management systems for purposes of energy

Abstract - The region of the Araripe Gypsum Pole in the state of Pernambuco is the largest producer of plaster in Brazil, and its main energy source for producing plaster is the wood from Caatinga, which provides not enough wood for the demand of gypsum industries, resulting in deforestation and compromising the sustainability of the region. One option to supply that demand is the implementation of fast growing forests. This study aimed to evaluate the volumetric growth of three clones of *Eucalyptus* spp., conducted under the regimes of high forest and coppice, planted with a spacing of 3x2 m. The experiment was carried out at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco, in Araripina, PE, Brazil. Height and circumference at 1.30 m above soil level were measured of all trees every six months from ages of 24 to 42 months, and volumes were calculated assuming a form factor of 0.51. Data of repeated measures were analyzed by multivariate analysis. Clone C39 (*E. urophylla* hybrid, natural crossing) was the most productive in both management systems.

Introdução

O polo gesseiro do Araripe, localizado no extremo oeste de Pernambuco se destaca por ser o maior produtor de gesso do país (97%), principalmente pela qualidade de sua gipsita, que depois de desidratada em um processo de calcinação se transforma em gesso. A principal fonte energética nesse processo é a lenha proveniente da Caatinga que por sua vez não tem capacidade de suporte para as necessidades da indústria do gesso, por apresentar incremento médio anual (IMA) de aproximadamente $4\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e número de planos de manejo sustentável insuficiente na região, sendo desmatadas áreas além da capacidade de regeneração sustentável da vegetação (Silva, 2008/2009).

Em consulta realizada à Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), constatou-se que atualmente existem 18 planos de manejo florestal sustentável com licenciamento ambiental na região do Araripe, distribuídos da seguinte forma: Araripina (4), Exú (6), Ipubí (2) e Ouricuri (6), dos quais 15 estão em andamento e 3 finalizaram o ciclo de exploração. O ciclo de corte para esses planos é de 15 anos, com uma área total de 3.519,16 ha.

De acordo com as informações apresentadas por Silva (2008/2009), em 2008 existiam no IBAMA o mesmo quantitativo de planos de manejo florestal licenciados. No entanto, a área total desses planos era de 6.651,58 ha e a lenha produzida atendia menos de 3% da demanda por energéticos das calcinadoras de gesso. Diante disso, estima-se que atualmente menos de 3% dessa demanda seja atendida pela produção de lenha legalizada.

Projeções para o consumo de biomassa florestal pelas indústrias calcinadoras do Araripe indicam que em 2019 o consumo de lenha da Caatinga será da ordem de 1,91 milhões de m^3 , sendo necessário para isso a exploração de uma área de 25.488,80 haano^{-1} . Se essas indústrias fossem abastecidas por lenha proveniente de plantios de eucaliptos, com materiais genéticos semelhantes aos plantados na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) em Araripina, estima-se que seriam necessários 1,58 milhões de m^3 de lenha, produzidos numa área de 8.346,51 haano^{-1} (Silva, et al., 2013).

Portanto, o cultivo de eucalipto se apresenta como uma opção econômica e ambientalmente viável para atender à demanda da indústria de gesso, em função do rápido crescimento e consequente oferta de maiores

volumes de lenha em curto espaço de tempo, além de indiretamente atenuar o desmatamento da Caatinga.

São muitos os estudos sobre o crescimento desse gênero em outras partes do país (Tonini et al., 2004; Pulrolnik et al., 2005; Vieira et al., 2011), embora na região do Araripe ainda sejam insuficientes, pois as pesquisas experimentais com eucaliptos na região iniciaram apenas em 2002 (Gadelha et al., 2012).

Uma variável de extrema importância no manejo florestal sustentável é o crescimento, definido como o aumento de tamanho ou de peso de um organismo ou comunidade viva, sendo expresso em volume ou biomassa, no caso de árvores ou florestas (Schneider & Schneider, 2008). De acordo com Campos & Leite (2009), apesar do crescimento expresso em volume ser a forma mais comum, o desenvolvimento de árvores ou florestas também pode ser avaliado em função de informações de área basal e altura, além da massa, permitindo tomadas de decisão prévias, práticas e concretas, tendo em vista melhorias de qualidade e de produtividade do povoamento florestal (West, 2009).

Com o acompanhamento do desenvolvimento do povoamento florestal, é possível construir uma base de dados capaz de proporcionar estimativas de crescimento florestal, produção, desbastes e outras práticas silviculturais, sendo esses dados de fundamental importância no convencimento do produtor rural a produzir madeira (Scolforo, 1993).

A produção de madeira para geração de energia por meio do plantio de florestas se configura como alternativa, por contribuir para a diversificação da produção e promover utilidade produtiva de terras que não podem mais ser usadas para produzir alimentos (Dawson & Mccrackent, 1995; Fiala & Bacenetti, 2012).

A condução dessas florestas pode ser realizada por meio de dois regimes de manejo, o alto fuste e a talhadia. No regime de alto fuste a regeneração do povoamento é obtida por meio do plantio de mudas, enquanto que no regime de talhadia o povoamento é formado pela rebrota das cepas deixadas após corte das árvores (Ribeiro et al., 2002).

Esses povoamentos florestais são capazes de ofertar matéria-prima de qualidade para determinado setor produtivo, região ou país, permitindo a redução da dependência de combustíveis derivados de petróleo e proporcionando maior igualdade e justiça social, por ser uma das fontes com maior taxa de geração de empregos por unidade monetária investida (Brito, 2007;

Bosques..., 2008; Stolarski et al., 2011). Propicia ainda uma perspectiva ambiental mais sustentável, devido ao aproveitamento da madeira e o retorno dos resíduos culturais ao solo, contribuindo com manutenção da qualidade do sítio e reduzindo a utilização de fertilizantes minerais (Muller & Couto, 2009).

No Brasil, o gênero *Eucalyptus* é o mais utilizado na implantação de florestas energéticas por ter facilidade de propagação, grande plasticidade ambiental, alta capacidade de rebrota, madeira com boas características energéticas e técnicas de clonagem e de cultivo aplicadas em larga escala (Alfenas et al., 2004; Iglesias-Trabado & Wilstermann et al., 2009; Baettig et al., 2010; Fiala & Bacenetti, 2012). A silvicultura de curta rotação, usando o gênero *Eucalyptus*, tem potencial para produzir mais biomassa quando comparada com outras culturas (Mckay, 2011).

A World Wildlife Foundation (WWF) (2011) considera a produção de energia a partir de florestas de rápido crescimento um fator de elevada importância e ressalta que as áreas de plantações florestais nos países da América Latina, incluindo o Brasil, têm aumentado sem causar perda de florestas naturais, conferindo assim mais um critério de sustentabilidade ambiental à produção de madeira para geração de energia.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento ao longo do tempo de três clones de *Eucalyptus* spp. conduzidos em dois sistemas de manejo para fins energéticos.

Material e métodos

Local do experimento

O experimento foi implantado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada na Chapada do Araripe, município de Araripina, no Semiárido de Pernambuco, com coordenadas geográficas 07°27'37"S e 40°24'36"W, altitude de 831 m e solos do tipo (LA 19), definido como Latossolo Amarelo + Latossolo Vermelho – Amarelo, distrófico com textura média e argilosa (Embrapa Solos, 2000).

A precipitação média anual é de 760 mm, concentrada entre os meses de novembro a maio, representando mais de 80% do total anual, o que provoca deficiências hídricas que se acumulam a partir de junho até outubro, sendo atenuada no período de fevereiro a abril nos quais ocorre um pequeno excesso (INPE, 2015). O clima é do

tipo Bshw', semiárido, quente, com chuvas de verão-outono, pela classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 24 °C (Araújo, 2004).

Caracterização do experimento

Foram avaliados três clones de eucaliptos, C11 (híbrido de *Eucalyptus brassiana* – cruzamento natural), C39 e C41 (híbridos de *E. urophylla* – cruzamento natural) plantados no espaçamento 3 m x 2 m e conduzidos nos sistemas de manejo de alto fuste e de talhadia. O regime de talhadia foi implantado em março de 2002 em área experimental, sendo as árvores cortadas em setembro de 2009. O regime de alto fuste foi implantado em área nova, em março de 2010.

As áreas se distanciam em 500 m uma da outra. O preparo da área onde se conduziu o regime de alto fuste foi realizado com retirada da vegetação competidora seguida pela abertura de sucros, com aproximadamente 30 cm de profundidade. A correção da acidez e a adubação foram realizadas conforme análise química do solo. Durante o plantio utilizou-se hidrogel (polímero hidro retentor) para auxiliar na retenção de água e garantir a umidade do solo. Na área do regime de talhadia não foram feitas intervenções físicas no solo, sendo apenas realizada a distribuição dos restos da colheita em toda área.

Em cada um desses sistemas foram estabelecidas quatro repetições, com parcelas de forma retangulares (14 m x 21 m) com 49 árvores cada, sendo mensuradas as 25 árvores da área útil da parcela (desconsiderando a bordadura), a cada seis meses, entre os 24 e 42 meses após o plantio, caracterizando um delineamento estatístico inteiramente ao acaso, organizado em esquema fatorial (3 clones x 2 regimes de manejo).

As variáveis mensuradas foram altura (h), com auxílio de clinômetro digital, e circunferência a 1,30 m do solo (CAP), com auxílio de fita métrica. O volume foi estimado considerando um fator de forma igual a 0,51, valor este que foi obtido após a cubagem rigorosa pelo método de Smalian de 81 árvores, sendo 12 indivíduos aos 30 meses, 33 aos 36 meses e 36 aos 42 meses (Machado & Figueiredo Filho, 2003). A taxa de sobrevivência foi calculada em função da contagem das árvores no momento da medição aos 42 meses.

Delineamento experimental

Inicialmente, os dados de volume ao longo do tempo foram submetidos ao teste de esfericidade de Mauchly (Mauchly, 1940), com a finalidade de verificar se esses

violavam ou não a condição de variâncias iguais e correlações nulas, para decidir se a análise estatística seria a análise multivariada de medidas repetidas ou em parcelas subdivididas no tempo. Decidido o delineamento experimental, foi aplicado o modelo estatístico descrito por Neter et al. (1990) e Nemec (1996) para avaliar o crescimento em volume nas idades T24 (24 meses), T30 (30 meses), T36 (36 meses) e T42 (42 meses), conforme modelo matemático 1.

$$Y_{ikl} = \mu + y_i + \tau_k + (y\tau)_{ik} + \varepsilon_{ikl} \quad (1)$$

Em que:

Y_{ikl} = Valor observado para a variável resposta (volume) no i-ésimo sistema silvicultural, no k-ésimo tempo e na l-ésima repetição; μ = Média geral; y_i = Efeito do i-ésimo sistema silvicultural; τ_k = Efeito do k-ésimo tempo; ε_{ikl} = Efeito da interação entre o i-ésimo sistema silvicultural no k-ésimo tempo; $(y\tau)_{ij}$ = Efeito aleatório correspondente às observações do i-ésimo sistema silvicultural no k-ésimo tempo e na l-ésima repetição.

As hipóteses testadas foram as seguintes:

H_{01} : Não existem diferenças significativas entre os tratamentos (hipótese de perfis coincidentes);

H_{02} : Não existem diferenças significativas entre os tempos de mensuração (perfis constantes);

H_{03} : Não existe interação tempos de mensuração x tratamentos (perfis paralelos).

As hipóteses apresentadas foram submetidas aos testes de significância de Lambda de Wilks e Traço de Pillai, quando verificadas diferenças significativas entre as interações tempo x clone e tempo x clone x sistema de manejo. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de significância (Khattree & Nair, 1999). Os dados foram avaliados considerando volume de madeira dos clones conduzidos no espaçamento 3 m x 2 m em função do sistema de manejo adotado.

A taxa de sobrevivência foi avaliada considerando o delineamento estatístico inteiramente ao acaso, organizado em esquema fatorial, 3 clones x 2 sistemas silviculturais.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software Statistical Analysis System (SAS) (SAS Institute, 1999).

Resultados e discussão

Rendimento volumétrico

Após análise do teste de esfericidade de Mauchly constatou-se que a condição de esfericidade foi violada ($p < 0,01$), indicando que os dados de crescimento deveriam ser analisados por meio da análise multivariada de medidas repetidas.

Nas tabelas 1 e 2, respectivamente, são apresentados os resultados obtidos pela análise de variância para o efeito da interação clones x sistema de manejo e para o efeito do tempo e as interações tempo x clone, tempo x sistema de manejo e tempo x clone x sistema de manejo.

Tabela 1. Análise de variância para o efeito dos tratamentos (clones de *Eucalyptus* spp. x sistema de manejo), testados em Araripina, PE.

FV	GL	SQ	QM	F	p > F
Clone	2	8411,742	4205,871	7,57	0,0045
Sist. Manejo	1	1143,184	1143,184	2,06	0,1696
Clone x Sist. Manejo	2	541,890	270,945	0,49	0,6225
Resíduo	17	9447,811	555,750		
Total	22	19544,627	6175,750		

Em que: FV = Fonte de variação; GL – Graus de liberdade; SQ – Soma de quadrados; QM = Quadrado médio; F = valor de F.

Tabela 2. Análise de variância para o efeito do tempo e as interações tempo x clones de *Eucalyptus* spp., tempo x sistema de manejo e tempo x clone x sistema de manejo, testados em Araripina, PE.

FV	GL	SQ	QM	F	p > F
Tempo	3	6977,150	2325,716	159,70	<0,0001
Tempo x Clone	6	526,870	87,810	6,03	<0,0001
Tempo x Sist. de Manejo	3	660,286	220,095	15,11	<0,0001
Tempo x Clone x Sist. de Manejo	6	63,252	10,540	0,72	0,6323
Resíduo	51	742,722	14,560		
Total	69	8970,280	2658,721		

Em que: FV = Fonte de variação; GL – Graus de liberdade; SQ – Soma de quadrados; QM = Quadrado médio; F = valor de F.

Constatou-se que as médias de volume ao longo do tempo apresentam diferenças significativas apenas para o efeito clone ($p < 0,05$). Por sua vez, os resultados para o efeito tempo e para as interações tempo x clone

e tempo x sistema de manejo indicam que existem diferenças significativas entre as médias de volume ao longo do tempo, enquanto que a interação tripla foi não significativa ($p > 0,05$).

Nas três situações, efeito do tempo, efeito da interação tempo x sistema de manejo e efeito da interação tempo x clone, as hipóteses de nulidade foram rejeitadas segundo os testes Lambda de Wilks e Traço de Pillai, indicando que a avaliação dos valores de volume de madeira ao longo do tempo deve ser realizada de forma isolada para cada período.

Constatadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, aplicou-se teste de Tukey com o objetivo de inferir quais clones diferem significativamente quanto ao volume médio de madeira (Tabela 3) e sobre quais tratamentos diferem significativamente quanto

ao volume de madeira produzido ao longo do tempo (Tabela 4). Foram considerados os interesses técnicos e biológicos dos resultados encontrados e a classificação das médias se deu apenas no perfil vertical (Schmidt, 2006).

Tabela 3: Médias dos volumes de madeira ($m^3 ha^{-1}$) ao longo do tempo para os três clones de eucaliptos, testados em Araripina, PE.

Clone	Idade (meses)			
	24	30	36	42
C39	26,13 a	37,92 a	48,59 a	57,69 a
C41	18,93 ab	26,36 ab	34,51 ab	41,88 ab
C11	10,66 b	16,37 b	21,56 b	26,44 b

* Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4. Médias dos volumes de madeira ($m^3 ha^{-1}$) ao longo do tempo para os três clones de eucaliptos cultivados em dois sistemas de manejo e a taxa de sobrevivência, em Araripina, PE.

Clone	Sistema de manejo	Idade (meses)				Sobrevivência (%)
		24	30	36	42	
C39	Talhadia	34,67 a	41,69 a	48,44 a	57,20 a	80 a
C41	Talhadia	28,65 a	34,73 ab	40,29 a	45,25 a	67 a
C39	Alto Fuste	17,60 ab	34,16 ab	48,75 a	58,18 a	60 a
C11	Talhadia	14,80 ab	17,80 ab	21,14 a	29,97 a	87 a
C41	Alto fuste	9,22 b	17,98 ab	28,73 a	38,51 a	94 a
C11	Alto fuste	6,53 b	14,95 b	21,98 a	27,92 a	95 a

* Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Ao comparar os tratamentos formados pela interação clones x sistemas de manejo se observou que nas idades 24 e 30 meses, os clones C39 e C41, conduzidos no sistema de talhadia, apresentaram maiores produtividades. Aos 30 meses o clone C39 cultivado no sistema de alto fuste passou a apresentar média de volume semelhante ao clone C41 conduzido no sistema de talhadia. A partir dos 36 meses o clone C39 no sistema de alto fuste passou a apresentar melhores valores em relação aos demais tratamentos, sendo o mais produtivo.

Vale ressaltar também a produtividade dos clones C39 e C41 conduzidos no regime de talhadia, por apresentarem um volume médio muito próximo ao tratamento mais produtivo, o clone C39 no regime de alto fuste. Isto se explica pelo fato de que nesse sistema silvicultural cada indivíduo foi conduzido com dois fustes por cepa, enquanto que no sistema de alto fuste existe apenas um fuste por planta.

O manejo dos clones C39 e C41 por talhadia apresenta como vantagens o fato de dispensar a produção ou aquisição de mudas, preparo do solo e plantio, reduzir os tratos culturais necessários ao estabelecimento do povoamento (Camargo, 1997), reduzir custo de produção por volume de madeira e antecipar os retornos financeiros, devido aos ciclos de cortes serem mais curtos quando comparados ao manejo por alto fuste (Lamprecht, 1990; Cacau et al., 2008).

De acordo com Reis & Reis (1997) e Teixeira et al. (2002), a presença de um sistema radicular já estabelecido facilita a absorção de água, nutrientes e o uso de reservas orgânicas e inorgânicas presentes nas cepas e nas raízes e esses são fatores que influenciam, positivamente, para que as plantas conduzidas no sistema de talhadia apresentem um desenvolvimento superior, quando comparadas com plantas no sistema de alto fuste.

No entanto, esta vantagem não permanece indefinidamente e tende a reduzir com o aumento da idade. Isto fica claro quando se observam os volumes médios para os dois sistemas aos 24 meses, no qual o sistema de talhadia apresentou o volume médio de $26,04 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, enquanto que no alto fuste o volume foi de $11,18 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ e aos 42 meses o sistema de talhadia apresentou um volume de $44,14 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ e no sistema de alto fuste o volume médio foi de $41,53 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$.

Os volumes médios observados aos 42 meses estão acima dos valores apresentados por Oliveira et al. (2014) para o plantio de *Eucalyptus* sp. na região do extremo sul da Bahia, que foi de $18,59 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, aos 84 meses, e abaixo dos resultados encontrados por Baesso et al. (2010) em plantios existentes no norte do Espírito Santo e sul da Bahia, cujo o volume médio variou entre $80,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ e $147 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, aos 42 meses.

O clima dessas regiões, norte do Espírito Santo e sul da Bahia, se caracteriza por chuvas distribuídas durante o ano inteiro e média anual de 1.200 mm, com temperatura média de 24°C (Oliveira et al., 2014), diferente das condições climáticas da região de Araripina, que apresenta precipitação pluviométrica média inferior, 760 mm, e concentrada numa determinada época do ano, o que permite considerar como satisfatória a produtividade média apresentada nesta pesquisa.

O índice de sobrevivência para os clones conduzidos no sistema de alto fuste variou entre 60% e 95%, semelhante os valores observados por Gadelha et al. (2012) no experimento que originou o sistema de talhadia avaliado neste trabalho. No entanto, resultados diferentes são observados na literatura. Vilas Bôas et al. (2009) estudaram o desempenho de nove espécies de *Eucalyptus* spp. e encontraram taxas de sobrevivência que variaram entre 50 e 85%, enquanto que Quiqui et al. (2001), avaliaram onze espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. e observaram que a taxa de sobrevivência variou entre 71 e 96%.

Considerando que os trabalhos de Quiqui et al. (2001) e de Vilas Bôas et al. (2009) foram conduzidos em regiões de clima ameno, precipitação pluviométrica superior a $1.200 \text{ mm ano}^{-1}$ e sem estação seca definida, em Marília, SP e Campo Mourão, PR, respectivamente, regiões que apresentam características muito diferente das observadas em Araripina, PE, pode-se considerar que o índice de sobrevivência apresentado nesta pesquisa é satisfatório.

A taxa de sobrevivência para os clones conduzidos no sistema de talhadia variou entre 67% e 87%. Estes valores são inferiores aos apresentados por Souza et al. (2012), que observou taxas de sobrevivência variando entre 83% e 100%, para oito clones de *Eucalyptus* spp, no município de Vazante, MG, onde a precipitação pluviométrica média anual é de 1.350 mm e a temperatura média anual é de $26,5^\circ\text{C}$. Mas se comparadas aos valores apresentados por Higa & Sturion (1991), que avaliaram a condução de treze espécies de *Eucalyptus* spp., em Uberaba, MG, onde a temperatura média anual varia entre 20 e 23°C e a precipitação anual varia de 1.330 a 1.800 mm, e por Ferrari et al. (2005), que compilaram dados da condução da rebrota de povoamentos de *Eucalyptus* spp. em duas biorregiões de Minas Gerais, Zona da Mata e Cerrado e encontraram taxas de sobrevivência variando entre 25% e 100%, os valores encontrados nesta pesquisa são satisfatórios.

Para Ferrari et al. (2005), a determinação do potencial de rebrota de um clone ou espécie deve considerar as características climáticas do local de interesse e avaliar essa potencialidade *in loco*.

Por serem escassos os dados de sobrevivência de *Eucalyptus* spp. em regiões do semiárido nordestino, os resultados foram comparados aos índices de sobrevivência de espécies nativas da Caatinga em condições de plantio. Barros et al. (2010) observaram valores semelhantes aos encontrados neste trabalho, sendo 94,0% para jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) e 89,3% para sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul. Para outras espécies os autores encontraram valores muito abaixo, sendo 40,0% para o ipê (*Tabebuia* sp.) e 35,2% para imburana (*Amburana cearense* (Allemão) A.C. Sm.), sendo essa variação atribuída à tolerância ou intolerância das espécies à exposição a sol pleno. No entanto, mesmo para as espécies que apresentaram índice de sobrevivência alto, a produtividade média foi inferior à encontrada para os clones testados, sendo sabiá e jurema-preta as mais produtivas, com $28,14 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ e $20,03 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, respectivamente, aos 42 meses.

Diante dessas considerações e dos valores apresentados pode-se inferir que os materiais genéticos testados nesta pesquisa demonstram capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas da região.

Conclusões

Dentre os clones testados, o mais produtivo foi o C39 (híbrido de *E. urophylla*, cruzamento natural) nos dois sistemas de manejo, de talhadia e de alto fuste.

Os clones manejados sob o sistema de alto fuste apresentaram maiores taxas de sobrevivência.

A introdução do gênero *Eucalyptus* na região é uma alternativa concreta para atender à demanda de biomassa do parque industrial do gesso.

Referências

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2004. 442 p.
- ARAÚJO, S. M. S. **O Pólo Gesseiro do Araripe**: Unidades Geo-Ambientais e Impactos da Mineração. 2004 276 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BAESSO, R. C. E.; RIBEIRO, A.; SILVA, M. P. Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 20, n. 2, p. 335-344, 2010.
- BAETTIG, R.; YÁNEZ, M.; ALBORNOZ, M. A. Cultivos dendroenergéticos de híbridos de álamo para la obtención de biocombustibles en Chile: estado del arte. **Bosque**, Chile, v. 31, n. 2, p. 89199, 2010.
- BARROS, B. C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; REBOUÇAS, A. C. M. Volumetria e sobrevivência de espécies nativas e exóticas no Polo Gesseiro do Araripe – PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 20, n. 4, p. 641-647, 2010.
- BOSQUES y energía: cuestiones clave. Roma: FAO, 2008. 69 p. (Estudio FAO: Montes, 154).
- BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007. DOI: 10.1590/S0103-40142007000100015
- CACAU, F. V.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; ALVES, F. F.; SOUZA, F. C. Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em um sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 11, p. 1457-1465, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X2008001100003
- CAMARGO, F. R. A.; SILVA, C. R.; STAPE, J. L. Resultados experimentais da fase de emissão de brotação em *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 115–122, 1997.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. 3. ed. Viçosa, MG: Ed UFV, 2009. 548 p.
- DAWSON, W. M.; McCrackent, A. R. The performance of polyclonal stands in short rotation coppice willow for energy production. **Biomass and Bioenergy**, Britain, v. 8, n. 1, p. 1-5, 1995.
- EMBRAPA SOLOS. **Mapa exploratório-reconhecimento de solos do município de Araripina, PE**. 2000. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/pe/araripina.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2013.
- FERRARI, M. P.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. **Condução de plantios de *Eucalyptus* em sistema de talhadia**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 28 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 104).
- FIALA, M.; BACENETTI, J. Economic, energetic and environmental impact in short rotation coppice harvesting operations. **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, v. 42, p. 107-113, Jul. 2012. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.07.004
- GADELHA, F. H. L.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; MELO, I. V.; JORGE, D. L. TAVARES, J. A.; SILVA, S. P. R. Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. no Polo Gesseiro do Araripe-PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 22, n. 2, p. 331-341, 2012. DOI: 10.5902/198050985740
- HIGA, R. C. V.; STURION, J. A. Avaliação da brotação de treze espécies de *Eucalyptus* na Região de Uberaba-MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 22/23, p. 79-86, 1991.
- IGLESIAS-TRABADO, G.; WILSTERMANN, D. **Global *Eucalyptus* map**. 2009. Disponível em: <http://git-forestry.com/download_git_eucalyptus_map.htm>. Acesso em: 12 maio 2012.
- INPE. **Dados históricos**: PCD 32565 - ESTAÇÃO: Araripina/PE. Disponível em: <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>. Acesso em: 17 set. 2015.
- KHATTREE, R.; NAIR, D. N. **Applied multivariate statistics with SAS software**. 2. ed. Cary, NC: SAS Institute, 1999. 340 p.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas, possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba, 2003. 309 p.
- MAUCHLY, J. W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **Annals of Mathematical Statistics**, Beachwood, v. 11, n. 2, p. 204-209, 1940.
- McKAY, H. (Ed.). **Short rotation forestry**: review of growth and environmental impacts., Surrey: The Research Agency of the Forestry Commission, 2011. 212 p. (Forest Research Monograph, 2).
- MULLER, M. D.; COUTO, L. **Avaliação de densidades de plantio e rotação de plantações de rápido crescimento para produção de biomassa**. Belo Horizonte: CEMIG / RENABIO, 2009. 68 p.
- NEMEC, A. F. L. **Analysis of repeated measures and time series**: an introduction with forestry examples. Victoria: Ministry of Forests Research Program, 1996. 90 p.
- NETER, J.; WASSORMAN, W.; KUTNER, M. **Applied linear statistical models**. 3. ed. Homewood: Donnelley & Sons, 1990. 1181 p.
- OLIVEIRA, T. L.; FERREIRA, M. Z.; CARVALHO, L. M. T.; FERRAZ FILHO, A. C.; OLIVEIRA, T. C. A.; SILVEIRA, E. M. O.; ACERBI JUNIOR, F. W. Determinação do volume de madeira em povoamento de eucalipto por escâner a laser aerotransportado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 9, p. 692-699, 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014000900005

- PULROLNIK, K.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MONTE, M. A.; FONTAN, I. C. I. Crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* [HILL ex MAIDEN] submetidas a diferentes tratamentos de desrama artificial, na região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 495-506, 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000400001
- QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; SHIMIZU, J. Y. Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* para o Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1173-1177, 2001. DOI: 10.4025/actasciagron.v23i0.2571
- REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 9-22, 1997.
- RIBEIRO, N.; SIOTE, A. A.; GUEDES, B. S.; STAISS, C. **Manual de silvicultura tropical**. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane; FAO, 2002. 125 p.
- SAS Institute. **Repeated measurements analysis of variance**. 1999. Disponível em: <<http://www.okstate.edu/sas/v8/saspdf/stat/chap30.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2015.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SCOLFORO, J. R. **Mensuração florestal**: módulo 4: avaliação da produtividade florestal através da classificação do sítio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 138 p.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria, RS: UFSM, 2008. 566 p.
- SILVA, J. A. A. Potencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no Polo Gesseiro do Araripe-Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, UFRPE, Imprensa Universitária, v. 5/6, p. 301-319, 2008/2009.
- SILVA, J. A. A.; ROCHA, K. D.; FERREIRA, R. L. C.; TAVARES, J. A. Produtividade volumétrica de clones de *Eucalyptus* spp. no Polo Gesseiro do Araripe, Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, UFRPE, Imprensa Universitária, v. 10, p. 240-260, 2013.
- SOUZA, F. P.; REIS, G. C.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; ALVES, F. F.; FARIA, R. S.; PEREIRA, M. M. Sobrevivência e diâmetro de plantas intactas e brotações de clones de eucalipto. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 44-54, 2012.
- STOLARSKI, M. J.; SZCZUKOWSKI, S.; TWORKOWSKI, J.; WRÓBLEWSKA, H.; KRZYŻANIAK, M. Short rotation willow coppice biomass as an industrial and energy feedstock. **Industrial Crops and Products**, v. 33, p. 217-223, 2011. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.10.013
- TEIXEIRA, P. C.; NOVAIS, R. N.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; TEIXEIRA, J. L. *Eucalyptus urophylla* root growth, stem sprouting and nutrient supply from the roots and soil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 160, p. 263-271, 2002. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00469-8
- TONINI, H.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. Crescimento de clones de *Eucalyptus saligna* Smith na Depressão Central e Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 14, n. 2, p. 61-77, 2004.
- VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LIBERALESSO, E. Crescimento e produtividade de povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 415-421, 2011.
- VILAS BÔAS, O.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília – SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 63-72, 2009.
- WEST, P. W. **Tree and Forest Measurement**. 2nd ed. Dordrecht: Springer, 2009. 190 p.
- World Wildlife Foundation. **A energia da floresta Ibérica**: caracterização do mercado e quadro legal. [S.l.], 2011. 35 p.